

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-108418

(43)Date of publication of application : 20.04.2001

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G01B 11/00

G01C 3/06

(21)Application number : 11-284621

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 05.10.1999

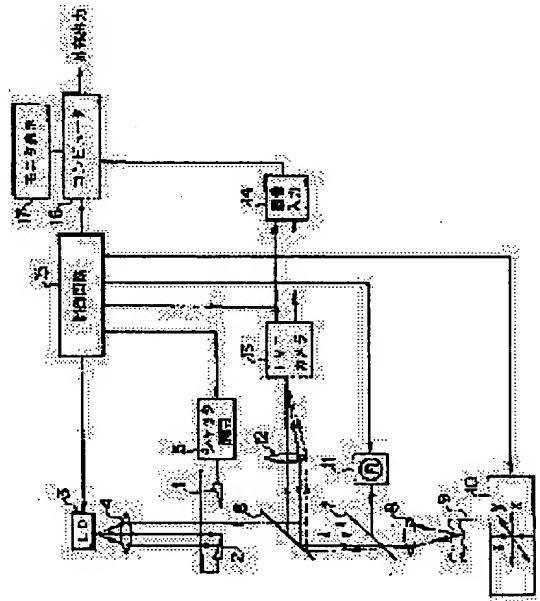
(72)Inventor : OKABE MASA HARU

(54) METHOD AND INSTRUMENT FOR THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASUREMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce an error due to the influence of background light and to reduce an error due to optical axis deviation.

SOLUTION: An object 9 to be measured is irradiated with light and its three-dimensional shape is measured. The instrument is equipped with an irradiating means 3 which irradiates the object 9 with light, modulating means 1 and 2 which modulates the light to irradiate the object 9, a photoelectric transducing means 13 which photodetects reflected light from the object 9 and transduces it into an electric image signal, a control means 15 which performs synchronization so that the phase of modulating the irradiation light corresponds to the transduced image signal, and an arithmetic means 16 which converts the image information which is made to correspond into data on the height of the object. Parts that the luminous flux of the irradiation light passes through are changed and the modulating means 1 and 2 are so arranged as to cut off halves of the irradiation light respectively.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-108418

(P2001-108418A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001.4.20)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-コード* (参考)

G 0 1 B 11/24

G 0 1 B 11/00

B 2 F 0 6 5

11/00

G 0 1 C 3/06

A 2 F 1 1 2

G 0 1 C 3/06

G 0 1 B 11/24

A

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-284621

(22) 出願日 平成11年10月5日 (1999.10.5)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 岡部 正治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

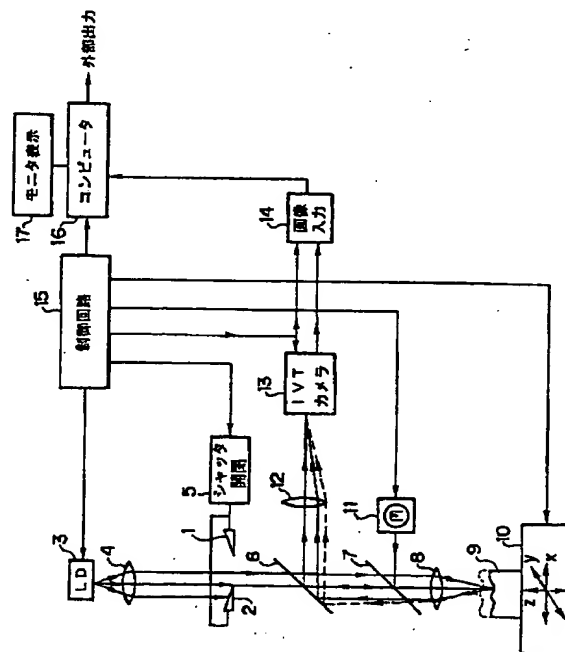
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元形状測定方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 背景光の影響による誤差を減らすとともに、光軸ずれによる誤差を減らす。

【解決手段】 測定対象物9に光を照射してその3次元形状を測定する。光を測定対象物9に照射する照射手段3と、測定対象物9に照射されるべき光を変調する変調手段1、2と、測定対象物9からの反射光を受光して、電気的画像信号に変換する光電変換手段13と、照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけるように同期化する制御手段15と、対応づけされた画像情報を測定対象物の高さデータに変換する演算手段16と、を備える。変調手段1、2は、照射光の光束を通過させる部分を変化させ、照射光の半分ずつを遮光する位置に配置される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象物に光を照射してその3次元形状を測定するようにした3次元形状測定方法であって、光を測定対象物に照射する工程と、測定対象物に照射されるべき光を変調する工程と、測定対象物からの反射光を受光して、電気的画像信号に変換する工程と、照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけるように同期化する工程と、対応づけされた画像情報を測定対象物の高さデータに変換する工程と、を備えたことを特徴とする3次元形状測定方法。

【請求項2】 照射光の異なる光束領域を部分的に遮光することにより、照射光を変調することを特徴とする請求項1に記載の3次元形状測定方法。

【請求項3】 第1の変調した照射光から得た画像を入力する工程と、第2の変調した照射光から得た画像を入力する工程と、第3の変調した照射光から得た画像を入力する工程と、第1の画像と第3の画像を減算演算して、第1の重心位置を求める工程と、第2の画像と第3の画像を減算演算して、第2の重心位置を求める工程と、第1の重心位置と第2の重心位置を減算演算して、重心間画素数を求める工程と、重心間画素数を測定対象物の高さデータに変換する工程と、をさらに備えたことを特徴とする請求項2に記載の3次元形状測定方法。

【請求項4】 測定対象物の複数の高さデータを計算して、その測定対象物の形状の測定を行うことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の3次元形状測定方法。

【請求項5】 測定対象物に光を照射してその3次元形状を測定するようにした3次元形状測定装置であって、光を測定対象物に照射する照射手段と、測定対象物に照射されるべき光を変調する変調手段と、測定対象物からの反射光を受光して、電気的画像信号に変換する光電変換手段と、照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけるように同期化する制御手段と、対応づけされた画像情報を測定対象物の高さデータに変換する演算手段と、を備えたことを特徴とする3次元形状測定装置。

【請求項6】 変調手段は、照射光の光束を通過させる部分を変化させ得る位置に配置されることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項7】 変調手段は、照射光の半分ずつを遮光する位置に配置されることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項8】 変調手段は、機械的動作のシャッタであ

ることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項9】 変調手段は、液晶シャッタであることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項10】 変調手段は、回転する穴明き円盤であることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項11】 変調手段は、複数のスリット状の開口を持つことを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項12】 光電変換手段は、テレビカメラであることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項13】 光電変換手段は、2分割フォトダイオードであることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項14】 光電変換手段は、4分割フォトダイオードであることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項15】 制御手段は、照射光の変調と画像入力タイミングの基準となるクロックを発生させることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項16】 制御手段は、照射光の変調の位相情報を出力することを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定方法。

【請求項17】 制御手段は、同期検波方式で照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけることを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項18】 演算手段は、照射光を変調するための複数の位相タイミングにおける入力信号に基づき、高さデータを計算することを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項19】 演算手段は、照射光を変調するための複数の位相タイミングにおける受光スポットの重心位置の差に基づき、高さデータを計算することを特徴とする請求項5に記載の3次元形状測定装置。

【請求項20】 受光スポットの重心位置をCCDセンサで検出することを特徴とする請求項19に記載の3次元形状測定装置。

【請求項21】 受光スポットの重心位置を2分割フォトダイオードで検出することを特徴とする請求項19に記載の3次元形状測定装置。

【請求項22】 受光スポットの重心位置をテレビカメラで検出することを特徴とする請求項19に記載の3次元形状測定装置。

【請求項23】 測定対象物の複数の高さデータを計算して、その測定対象物の形状の測定を行うことを特徴とする請求項19に記載の3次元形状測定装置。

【請求項24】 測定対象物が、インクジェットプリンタカートリッジ、複写機カートリッジ、レーザプリンタ

カートリッジまたは液晶表示器であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の3次元形状測定方法。

【請求項25】 測定対象物が、インクジェットプリンタカートリッジ、複写機カートリッジ、レーザプリンタカートリッジまたは液晶表示器であることを特徴とする請求項5～23のいずれか1項に記載の3次元形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はアルミ、プラスチックやガラスなどの材料やそれを用いた製品の微細な3次元形状を求める形状測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、成形やレーザ加工などの微細加工技術が向上し、サブミクロンの形状精度で様々な3次元形状の製品が量産可能になった。そのため加工した製品の形状評価に必要な測定精度も上がってきている。

【0003】従来このような微小な形状の測定方法として、図7のようなTTL方式（スルー・ザ・レンズ方式）等でレーザ光を照射し、高さによるレーザスポット位置の変化を検出して形状を測定する方式が一般に採用されている。たとえば、特開平10-62161号公報には、この種の方式の測距センサあるいは測距ユニット等が開示されている。

【0004】図7において、101はナイフエッジ、103はレーザダイオード、104は照明レンズ、106はビームスプリッタ、108は対物レンズ、109は測定対象物、110は測定対象物109を支持するステージ、112は結像レンズ、113は2つのフォトダイオード103a、103bを有する2分割フォトダイオード、114はA/D変換器、115はステージ駆動回路、116はコンピュータ、117はモニター表示器、118は比較回路、119はレーザダイオード電源である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の構成ではつぎのような点で、高精度化に対する問題があった。まず、周囲からの光の回込みがあると、レーザスポットの重心位置が変化するため、測定結果に誤差を生ずる。上記構成では測定中は暗くしなければならない。そのため、測定個所の位置合わせ時には外部照明を灯けて位置合わせをし、測定時には外部照明を消さなければならない、操作が煩雑であった。

【0006】また、2分割フォトダイオード113の位置が光軸から僅かでもずれると、そのずれは、直接レーザスポットの重心位置がずれたことに相当する誤差としてあらわれる。このため上記構成では2分割フォトダイオード113だけでなく、フォトダイオード103や照明レンズ104、ナイフエッジ101、さらに対物レン

ズ108やビームスプリッタ106、結像レンズ112も機械的に高精度に組み付けておかなければならない。そのため、顕微鏡部の加工に極めて多くのコストがかかる上、経時変化による誤差も生じ易かった。

【0007】そこで本発明の目的はこのような従来技術の問題点を鑑み、3次元形状測定装置において、背景光の影響による誤差を減らすとともに、光軸ずれによる誤差を減らすことにある。

【0008】

10 【課題を解決するための手段】本発明による3次元形状測定方法は、測定対象物に光を照射してその3次元形状を測定するようにした3次元形状測定方法であって、光を測定対象物に照射する工程と、測定対象物に照射されるべき光を変調する工程と、測定対象物からの反射光を受光して、電気的画像信号に変換する工程と、照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけるように同期化する工程と、対応づけられた画像情報を測定対象物の高さデータに変換する工程と、を備えたことを特徴とする。

20 【0009】また、本発明の3次元形状測定方法において照射光の異なる光束領域を部分的に遮光することにより、照射光を変調することを特徴とする。

【0010】また、本発明の3次元形状測定方法において第1の変調した照射光から得た画像を入力する工程と、第2の変調した照射光から得た画像を入力する工程と、第3の変調した照射光から得た画像を入力する工程と、第1の画像と第3の画像を減算演算して、第1の重心位置を求める工程と、第2の画像と第3の画像を減算演算して、第2の重心位置を求める工程と、第1の重心位置と第2の重心位置を減算演算して、重心間画素数を求める工程と、重心間画素数を測定対象物の高さデータに変換する工程と、をさらに備えたことを特徴とする。

30 【0011】また、本発明の3次元形状測定方法において測定対象物の複数の高さデータを計算して、その測定対象物の形状の測定を行うことを特徴とする。

【0012】また、本発明の3次元形状測定装置は測定対象物に光を照射してその3次元形状を測定するようにした3次元形状測定装置であって、光を測定対象物に照射する照射手段と、測定対象物に照射されるべき光を変調する変調手段と、測定対象物からの反射光を受光して、電気的画像信号に変換する光電変換手段と、照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけるように同期化する制御手段と、対応づけられた画像情報を測定対象物の高さデータに変換する演算手段と、を備えたことを特徴とする。

【0013】また、本発明の3次元形状測定装置において変調手段は、照射光の光束を通過させる部分を変化させ得る位置に配置されることを特徴とする。

50 【0014】また、本発明の3次元形状測定装置において変調手段は、照射光の半分ずつを遮光する位置に配置

されることを特徴とする。

【0015】また、本発明の3次元形状測定装置において変調手段は、機械的動作のシャッタであることを特徴とする。

【0016】また、本発明の3次元形状測定装置において変調手段は、液晶シャッタであることを特徴とする。

【0017】また、本発明の3次元形状測定装置において変調手段は、回転する穴明き円盤であることを特徴とする。

【0018】また、本発明の3次元形状測定装置において変調手段は、複数のスリット状の開口を持つことを特徴とする。

【0019】また、本発明の3次元形状測定装置において光電変換手段は、テレビカメラであることを特徴とする。

【0020】また、本発明の3次元形状測定装置において光電変換手段は、2分割フォトダイオードであることを特徴とする。

【0021】また、本発明の3次元形状測定装置において光電変換手段は、4分割フォトダイオードであることを特徴とする。

【0022】また、本発明の3次元形状測定装置において制御手段は、照射光の変調と画像入力タイミングの基準となるクロックを発生させることを特徴とする。

【0023】また、本発明の3次元形状測定装置において制御手段は、照射光の変調の位相情報を出力することを特徴とする。

【0024】また、本発明の3次元形状測定装置において制御手段は、同期検波方式で照射光を変調する位相と変換された画像信号とを対応づけることを特徴とする。

【0025】また、本発明の3次元形状測定装置において演算手段は、照射光を変調するための複数の位相タイミングにおける入力信号に基づき、高さデータを計算することを特徴とする。

【0026】また、本発明の3次元形状測定装置において演算手段は、照射光を変調するための複数の位相タイミングにおける受光スポットの重心位置の差に基づき、高さデータを計算することを特徴とする。

【0027】また、本発明の3次元形状測定装置において受光スポットの重心位置をCCDセンサで検出することを特徴とする。

【0028】また、本発明の3次元形状測定装置において受光スポットの重心位置を2分割フォトダイオードで検出することを特徴とする。

【0029】また、本発明の3次元形状測定装置において受光スポットの重心位置をテレビカメラで検出することを特徴とする。

【0030】また、本発明の3次元形状測定装置において測定対象物の複数の高さデータを計算して、その測定

対象物の形状の測定を行うことを特徴とする。

【0031】また、本発明の3次元形状測定方法において測定対象物が、インクジェットプリンタカートリッジ、複写機カートリッジ、レーザプリンタカートリッジまたは液晶表示器であることを特徴とする。

【0032】また、本発明の3次元形状測定装置において測定対象物が、インクジェットプリンタカートリッジ、複写機カートリッジ、レーザプリンタカートリッジまたは液晶表示器であることを特徴とする。

【0033】本発明によれば上記構成において、光を測定対象に照射する手段は、光源で発生される照明光をレンズやビームスプリッタ等で測定対象物まで導く。この中に測定対象に照射される光を変調する手段が組み込まれる。

【0034】変調手段は照明光束のうち一部の光束を通過させ、他の部分の光を遮るように働き、時間の経過または外部からの信号に従い、どの部分を通過させるかの特性が変化する。具体的には、2枚のナイフエッジが交互に出入りし、光束の左右半分ずつを排他的に選択透過させる方法や、液晶シャッタやメカシャッタ等によりこれを行うこともできる。

【0035】光電変換手段は、CCD素子やフォトダイオードにより受光した照明光の重心を演算する。制御手段は、照射光の変調具合によって変化する入力信号が、照射光のどの変調位相のときのものを対応づける。同期検波回路では照明の変調位相に対応して入力信号の極性を反転させて取り扱う。また、テレビカメラでは1画面毎に変調具合を変え、変調状態と撮像画像との対応をとる。入力された画像信号と対応づけられた情報を測定対象の高さデータに変換する演算手段は、照明光の変調具合による照明光のスポット重心の位置変化を高さデータに比例変換する。

【0036】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明による3次元形状測定方法および装置の好適な実施の形態を説明する。図1は本発明の特徴を最もよく表す図である。1および2はシャッタであり、レーザダイオード（照射手段）3の発する光束の一部を遮り、照射光の光束を通過させる部分を変化させることができる。なお、シャッタ1、2は機械的に動作するシャッタ、あるいはレーザダイオード3の光路で回転する穴明き円盤や複数のスリット状の開口を持つものであってもよい。4はレーザダイオード3の発する光を平行光にする照明レンズである。

【0037】平行光にされたレーザ光の一部をシャッタ1およびシャッタ2で遮ることができる。シャッタ1および2はそれぞれ、シャッタ開閉回路5により独立に開閉することができる。各シャッタ1、2が遮る光束は、互いに反対側の半分ずつの光束となるように調整されている。つまりシャッタ1、2は変調手段として機能す

る。

【0038】シャッタ部を通過した光は、対物レンズ8で集光され、ステージ10上の測定対象物9に照射される。測定対象物9で反射されたレーザ光はふたたび対物レンズ8を通り、ビームスプリッタ6で反射される。そして結像レンズ12で光電変換手段としてのITVカメラ13の受光面上にスポット光として結像される。また、11は観察用の照明光源である。

【0039】ここで、測定対象物9は、インクジェットプリンタカートリッジ、複写機カートリッジ、レーザプリンタカートリッジあるいは液晶表示器等であってよい。

【0040】さて、本発明ではシャッタ1およびシャッタ2の開閉とITVカメラ13の画像の入力のタイミングを制御し、制御回路15によりシャッタ1、2の開閉と画像入力回路14を同期させることで、有効な効果を得ることができる。コンピュータ16は制御回路15からのタイミング信号と画像入力回路14からの画像データにより測定対象物9の高さを演算し、モニタ表示17に表示するとともに、外部に接続された機器へ演算結果を出力する。

【0041】上記構成で測定対象物9が対物レンズ8へ近づいた場合、測定対象物9からの反射光は点線のような光路を進む。これは、測定対象物9が対物レンズ8へ近づくことにより、結像レンズ12による結像位置が結像レンズ12から遠ざかるためである。この場合、ITVカメラ13で得られる半月状のレーザスポット光画像は、図2(A)のように「十字」で示した中心位置からずれる。

【0042】また、図1の状態とは逆にシャッタ1を閉じるとともに、シャッタ2を開き、レーザスポット光画像の反対側の光束を通過させた場合、図2(B)のように図2(A)とは逆方向へレーザ光の像がずれる。

【0043】なお、図2(A)、図2(B)において背景の画像に濃淡が生じているが、これは測定対象の表面状態の違いにより反射率の高い部分と低い部分とがあるためである。シャッタ1およびシャッタ2を両方閉じて画像を入力すると、この場合には背景画像が図2(C)のように得られる。画像処理により重心演算を行う際に、図2(A)のものから図2(C)を引き算し、あるいは図2(B)のものから図2(C)を引き算することにより、背景の影響を除くことができる。

【0044】さて、シャッタ1、2の開閉と画像の入力の位相関係を、図3にて説明する。図3は、ノンインタレース式のカメラを用いた例である。カメラの垂直同期信号(VD信号)ごとに、シャッタ1、2の開閉および画像の取込みが行われる。まず、シャッタ1を開き、1VD期間の蓄積時間がある。ここで撮像された画像は、つぎの1VD期間で電気信号として出力される。このときシャッタ1は閉じ、シャッタ2を開き、シャッタ2を

開いたときの画像をITVカメラ13で撮像する。そして、シャッタ1を開いたときの画像信号を、画像入力回路14でコンピュータ16のメモリへ記録する。

【0045】つぎの1VD期間では、シャッタ1とシャッタ2を閉じ、カメラ13でレーザ光がないときの背景画像を撮像する。そしてこのとき出力されるシャッタ2を開いたときの画像信号を、画像入力回路14を通してコンピュータ16のメモリへ記録する。

【0046】そのつぎの1VD期間では、シャッタ1を開き、シャッタ1を開いたときの画像を撮像するとともに、シャッタ1およびシャッタ2を閉じたときの背景画像を画像入力回路14を通してコンピュータ16のメモリ上へ記録する。

【0047】図4は、上記の3枚の画像に相当する第1画像から第3画像の入力とその演算処理フローを示している。第1画像から第3画像の入力後(ステップS1～S3)、まず、シャッタ1を開いたときの第1画像からシャッタ1、シャッタ2とも閉じた第3画像を差し引く。これにより背景画像は差し引かれ、レーザ光の半月状の画像が得られる。こうすることで、一般的な重心を求める画像処理アルゴリズムを適用することができ、レーザ光の重心位置が求められる(ステップS4)。つぎにシャッタ2を開いたときの第2画像からも同様に第3画像を差し引き、重心演算することで重心を求めることができる(ステップS5)。

【0048】そして、つぎに第1画像の重心位置から第2画像の重心位置を引き算することで、重心間画素数が求められる(ステップS6)。さらに、ステップS7にてこの重心間画素を、測定対象の高さに変換する。この場合、最も簡単にはある比例定数を乗算すればよい。ただし、この比例定数は対物レンズのNA(開口数)、光学系の倍率、ITVカメラの画素ピッチおよびシャッタの遮る光束の領域により決まる定数であり、測定対象物9が、対物レンズ8の焦点深度内で遠近するときは、ほぼ比例関係が保たれる。そして、得られた高さデータを出力する(ステップS8)。

【0049】上記の測定フローは測定対象物9における1ヶ所の高さを測定する。コンピュータ16の制御によりステージ10を駆動し、測定対象物9の指定された一連の測定点を順次測定することも可能である。また、ステージ10を細かい送りピッチで送ってゆくことで、測定対象の全面に亘って高さ測定することも可能である。この測定結果はモニタ表示17に表示され、外部に接続された機器へ出力可能である。

【0050】また、図1の点線は前述したように、測定対象物9が対物レンズ8へ近づいたときの例である。これとは逆に対物レンズ8から遠ざかった場合には、得られる画像は、シャッタ1を開いたときは図2(A)で示したものと逆方向にレーザ光の輝点がずれる。シャッタ2を開いたときにも、やはり図2(B)で示したもの

とは逆方向にレーザ光の輝点がずれる。その結果、得られる重心間画素数が、近づいた場合とは逆符号の値となり、高さ変換の演算結果も測定対象物9の遠近の違いにより逆符号の測定結果が正しく得られる。

【0051】このように本発明により、同期したシャッタ開閉と画像入力により、測定対象物の遠近による重心の演算が容易となり、背景画像の影響も除くことができる。また、2つの画像により求めた重心間距離を使って高さを算出するため、光軸ずれ等の影響を受け難く、測定器の調整も極めて容易になる。

【0052】なお、上記実施形態において受光スポットの重心位置をCCDセンサ、あるいは2分割フォトダイオードで検出することもできる。

【0053】つぎに、本発明の3次元形状測定方法および装置における第2の実施形態を説明する。なお、第1の実施形態と実質的に同一部材には同一符号を用いるものとする。

【0054】図5は、第2の実施形態を示す図である。レーザダイオード3から出るレーザ光を照明レンズ4で平行光にする。2分割構成の液晶式シャッタ21および22で平行光の光束の半分を遮って、残りの半分を通させ、対物レンズ8で測定対象物9に照射する。測定対象物9で反射した光は、ふたたび対物レンズ8を通り、ビームスプリッタ6で反射され、結像レンズ12により2分割フォトダイオード23の受光面23aおよび23bへ集光される。

【0055】図5において、点線は測定対象物9が対物レンズ8へ近づいたときの光路を示している。また、図5は液晶シャッタ21が透過性で、液晶シャッタ22が非透過性の例である。これを制御回路15からの同期クロックに同期させて、液晶駆動回路25が交互に透過性と非透過性を切り換えるようになっている。

【0056】ここで2分割フォトダイオード23は、第1の実施形態における画像入力手段と重心演算の簡素化したものとみなすことができる。液晶シャッタ21、22を交互に切り換えたときの2分割フォトダイオード23の出力は、図6のようになる。測定対象物9が対物レンズ8に近づいた場合、レーザ光は図5の構成において2分割フォトダイオード23a側へずれる。その結果、図6の透過101と表したタイミングで示すように、2分割フォトダイオードの23a側の出力が大きくなり、23b側の出力が小さくなる。

【0057】これが、同期クロックに従って、液晶シャッタ22側が透過性になった場合、逆に2分割フォトダイオードの23b側へレーザ光がずれる。その結果、2分割フォトダイオード23a側の出力が小さく、フォトダイオード23b側の出力が大きくなる。この2つの信号を差動入力型の同期検波回路26へ入力し、同期クロックで同期検波すると、図6の同期検波出力に示すような出力が得られる。これを平滑化し、A/D変換（アナ

ログ・デジタル変換)する。このデジタルデータをコンピュータ16がメモリへ記録する。

【0058】コンピュータ16はこのデジタルデータを高さ測定値に変換し、モニタ17に表示するとともに、外部に接続された機器へ出力する。

【0059】上記のようにシャッタ21および22を切り換える同期クロックで2分割フォトダイオード23の出力を同期検波することで、光軸ずれによる誤差を除くことができる。それは、たとえば光軸が2分割フォトダイオード23a側へ僅かにずれたときの例を、図6の点線で示す。2分割フォトダイオード23a側の出力は大きくなる。一方、フォトダイオード23b側の出力は小さくなる。

【0060】この場合、同期クロックにおける透過101のタイミングでの同期検波出力は大きくなるものの、透過102のタイミングでの同期検波出力は小さくなる。その結果、検波出力を平滑化した後では、それらが相殺されるため、結果として得られる出力信号には変化がない。このように光軸ずれが相殺されるだけでなく、同期検波することによる外部からのノイズ、たとえばハム雑音や温度ドリフトなどの効果も加わり、高感度化を図ることができる。

【0061】なお、上記実施形態において光電変換手段として2分割フォトダイオードの他に4分割フォトダイオードを用いることもできる。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光軸ずれによる高さ測定誤差を除くことができる。これにより経時変化や機械的振動に強い測定器を実現することができる。また、同期した信号入力により、外部からのノイズを減らすことができ、有効に高感度化を図ることができる等の利点を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態における構成例を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施形態における照明光の透過部位による撮像光の変化の様子を説明するための図である。

【図3】本発明の第1の実施形態におけるシャッタの開閉位相と画像取込タイミングの関係を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施形態における高さ測定処理のフローチャートである。

【図5】本発明の第2の実施形態における構成例を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施形態における信号処理を説明するための図である。

【図7】従来例を示す図である。

【符号の説明】

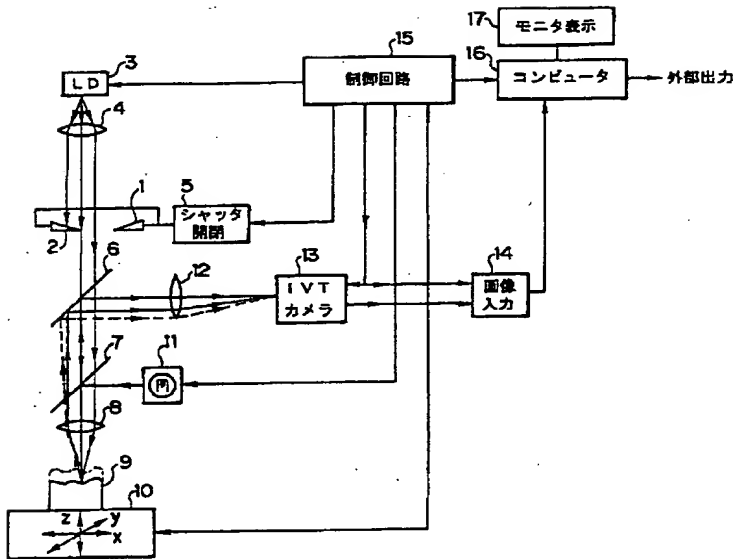
- 1, 2 シャッタ
- 3 レーザダイオード

- 4 照明レンズ
5 シャッタ開閉回路
6 ビームスプリッタ
8 対物レンズ
9 測定対象物
10 ステージ
11 照明光源

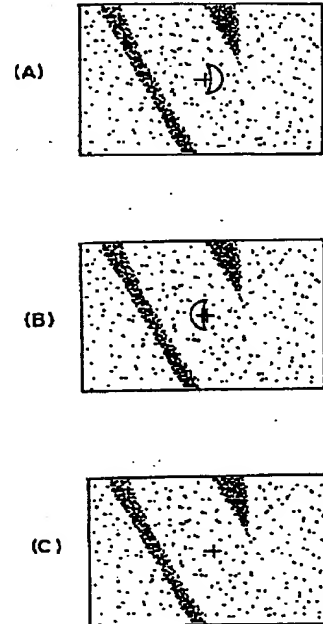
- * 12 結像レンズ
13 ITVカメラ
14 画像入力回路
15 制御回路
16 コンピュータ
17 モニタ表示

*

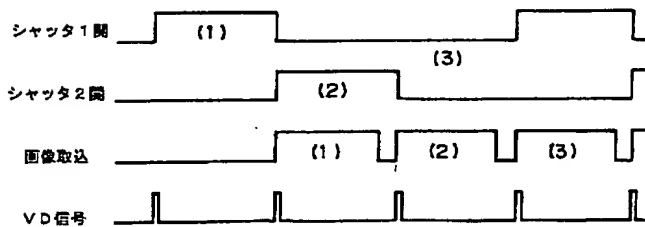
【図1】



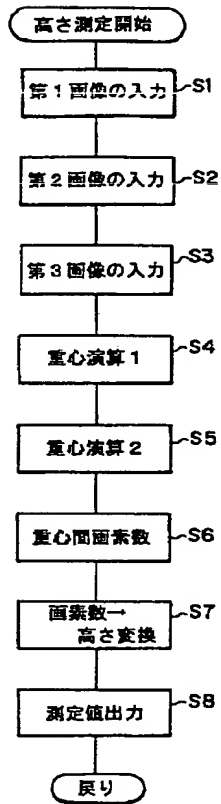
【図2】



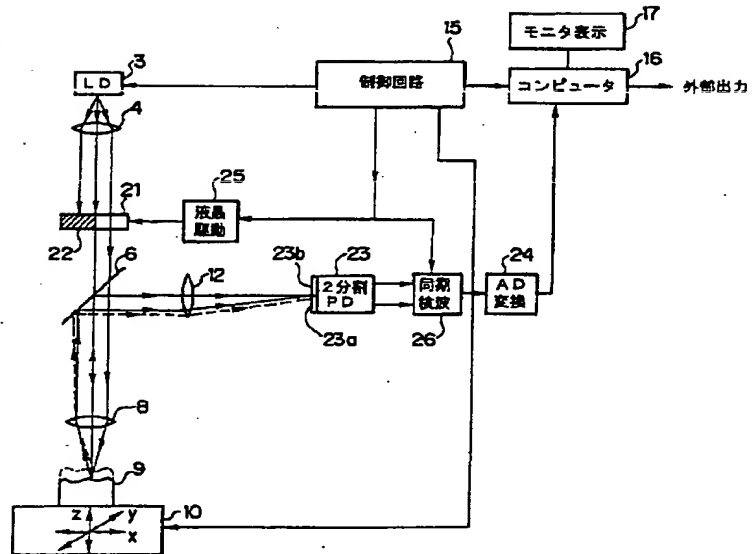
【図3】



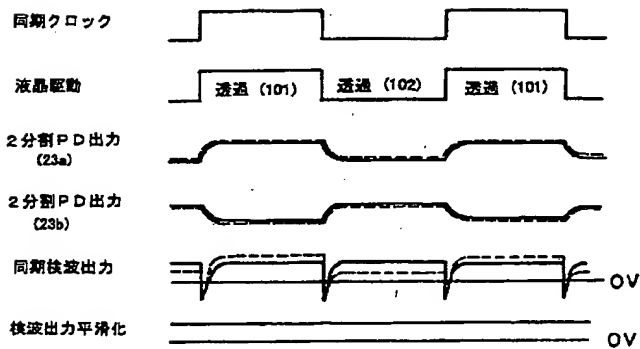
【図4】



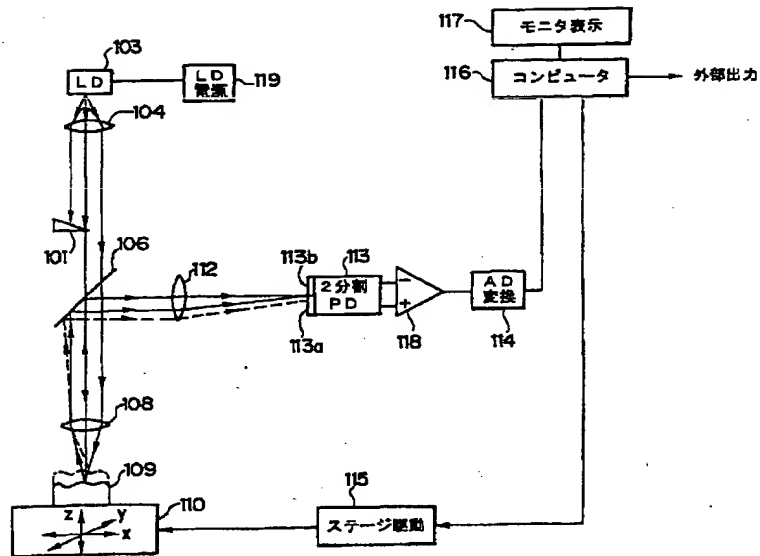
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA06 AA17 AA24 AA54 BB05
 DD03 DD04 FF05 FF09 FF24
 GG06 GG12 HH03 HH13 JJ03
 JJ09 JJ19 JJ26 LL12 LL30
 MM02 NN08 QQ03 QQ13 QQ24
 QQ34 SS02
 2F112 AA09 AB03 BA06 BA07 CA12
 DA02 DA25 DA40 FA03 FA07
 FA21 FA33 FA45